



**Centro de Ensino Universitário de Brasília – UniCEUB**  
**Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia – FAET**  
**Curso de Engenharia da Computação**  
**Projeto Final**

# **PROPOSTA DE DESEMBAÇADOR AUTOMÁTICO DE PÁRA-BRISA UTILIZANDO ÁGUA**

**Por**

**Gustavo Noletto Garcia de Paula**

**RA:2026775/0**

**Professor Orientador:**

**Thiago de Miranda Leão Toribio**

**Brasília – DF**

**Julho de 2007**

**GUSTAVO NOLETO GARCIA DE PAULA**

**PROPOSTA DE DESEMBAÇADOR AUTOMÁTICO  
DE PÁRA-BRISA UTILIZANDO ÁGUA**

Monografia apresentada à banca examinadora  
para conclusão do curso e obtenção do título  
de bacharel em Engenharia da Computação do  
Centro Universitário de Brasília – UniCEUB.

**Brasília – DF**

**Julho de 2007**

## AGRADECIMENTOS

*“Uma longa jornada se inicia com o primeiro passo.”* O primeiro passo do meu projeto foi aprender a enxergar o mundo como meu pai me ensinou. Se algo que você precisa não existe ou não funciona da forma como você queria, por que ao invés de reclamar não vamos lá e criamos ou aperfeiçoamos? Creio que essa deva ser uma característica nata de um engenheiro. Quanto aos outros passos... bem, esses foram vários, uns longos, outros curtos, lentos, rápidos, árduos mas possíveis. Possíveis graças a todos aqueles que me ajudaram.

Agradeço especialmente aos meus pais, que em todo momento me apoiaram, acreditaram em meu potencial, investiram em mim e me deram uma oportunidade imensurável que muitos não puderam ter, tornando-me capaz de andar com as próprias pernas. Também sou muito grato à minha amada Sanne, que em todos os momentos me ajudou em tudo que pôde além de entender a minha ausência em diversos momentos dessa jornada.

Gostaria de agradecer também a todos os professores e amigos que me ajudaram ao longo desse projeto, principalmente meu orientador Thiago de Miranda, a professora Maria Marony, o professor José Julimá e meu amigo Bruno Santana. Foram eles que puderam abrir as portas pelas quais não tinha a chave.

Por último gostaria de agradecer os engenheiros, eletricitas, profissionais do ramo de desenvolvimento e conserto de equipamentos eletrônicos, fabricantes de pára-brisa e a todos aqueles que direta ou indiretamente puderam me ajudar na construção deste projeto.

” A terra provê o suficiente para satisfazer  
as necessidades de todos os homens,  
mas não sua ganância.“  
Mahatma Gandhi

# RESUMO

A visão do motorista costuma ser prejudicada em dias frios e chuvosos uma vez que o pára-brisa do veículo costuma embaçar. Nesse momento o motorista está mais suscetível a sofrer acidentes. Este projeto visa diminuir esse problema desenvolvendo uma solução que aumenta a segurança do motorista. Assim como já existem filamentos resistivos nos vidros traseiros, responsáveis pelo desembaçamento, e utilizando-se o mesmo princípio, o do aquecimento do vidro, o projeto consiste em inserir entre duas lâminas de vidro (que será o pára-brisa) uma camada de água. Um sensor de umidade fixado na face interna do pára-brisa será responsável por enviar dados a um circuito. Esse circuito, conectado à bateria do carro, permitirá ou não a passagem da corrente elétrica para uma resistência, também interna ao pára-brisa, para o aquecimento da água. Esta monografia tem por objetivo documentar um projeto de caráter experimental, baseado em experimentos e testes realizados juntamente com o conhecimento teórico aplicado.

**Palavras-chave:** Microeletrônica, Sensor de umidade, Baterias automotivas e Opcionais automotivos.

# ABSTRACT

The eyesight of the driver used to be impaired on cold and rainy days, once the windshield used to fog. At this moment the driver is more susceptible to suffer an accident. This project aims to solve this problem by developing a solution that increases the safety of the driver. Resistance filaments in back are responsible for unfogging the glass, and by using the same principle of heating the glass, the project consists of developing a transparent liquid to be inserted between two glass layers. A humidity sensor is fixed in the internal face of the windshield of the automobile, and will be responsible for sending information to the circuit. This circuit, hardwired to the battery of the car, will allow or not the flow of current through a resistance to heat the internal liquid flowing through the windshield. This thesis has objectively reviewed the experiments and tests together with the applied theoretical knowledge.

**Key-Words:** Microelectronics, Sensory of humidity, Automotive battery and Automotive options.

# SUMÁRIO

<b>LISTA DE SIGLAS.....</b>	<b>7</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>8</b>
<b>LISTA DE FOTOS.....</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
1.1 MOTIVAÇÃO.....	11
1.2 OBJETIVOS GERAIS.....	11
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
1.4 VISÃO GERAL DO PROJETO.....	13
<b>CAPÍTULO 2. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>16</b>
2.1 FENÔMENOS FÍSICOS E QUÍMICOS.....	16
2.2 PALAVRAS-CHAVE.....	19
<b>CAPÍTULO 3. BATERIA AUTOMOTIVA.....</b>	<b>22</b>
3.1 A IMPORTÂNCIA DA BATERIA.....	22
3.2 TIPOS DE BATERIA.....	24
3.3 CAPACIDADE DE CARGA.....	24
3.4 FUNCIONAMENTO DA BATERIA.....	25
3.5 ALTERNADOR.....	25
3.6 A BATERIA E O PROTÓTIPO.....	26
<b>CAPÍTULO 4. DESENVOLVIMENTO.....</b>	<b>28</b>
4.1 ESCOLHA DO LÍQUIDO.....	28
4.2 DESENVOLVIMENTO DO CIRCUITO.....	31
4.3 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO.....	36
4.3.1 DESENVOLVIMENTO DO PÁRA-BRISA.....	37
4.3.2 DESENVOLVIMENTO DO SIMULADOR DE AMBIENTES.....	42

<b>CAPÍTULO 5. AVALIAÇÕES DE DESEMPENHO.....</b>	<b>44</b>
5.1 DESEMPENHO DO PÁRA-BRISA.....	44
5.2 DESEMPENHO DO SIMULADOR DE AMBIENTES.....	45
5.3 DESEMPENHO DO CIRCUITO.....	47
5.4 DESEMPENHO DO PROTÓTIPO.....	47
<b>CAPÍTULO 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>50</b>
6.1 CONCLUSÕES.....	50
6.2 DIFICULDADES ENCONTRADAS.....	52
6.3 SUGESTÕES PARA PROJETOS FUTUROS.....	53
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>55</b>
<b>APÊNDICE.....</b>	<b>57</b>
EXPERIMENTO 1.....	58
EXPERIMENTO 2.....	59
EXPERIMENTO 3... ..	61
EXPERIMENTO 4... ..	63
EXPERIMENTO 5... ..	65
EXPERIMENTO 6... ..	67
EXPERIMENTO 7.. ..	69
<b>FOTO DO PROTÓTIPO.....</b>	<b>71</b>



## LISTA DE SIGLAS

DDP	DIFERENÇA DE POTENCIAL
A	AMPÈRE
V	VOLT
$\Omega$	OHM
°C	GRAUS CELSIUS
DC	CORRENTE CONTÍNUA
W	WATT
RH	UMIDADE RELATIVA

## LISTA DE FIGURAS

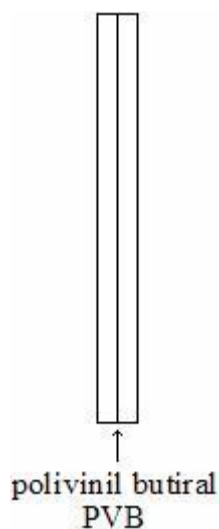
<b>Figura 1.1</b>	Pára-brisa convencional.....	10
<b>Figura 1.2</b>	Pára-brisa do protótipo.....	10
<b>Figura 1.3</b>	Representação do protótipo.....	13
<b>Figura 2.1</b>	Transferência de calor.....	17
<b>Figura 2.2</b>	Condução térmica e convecção térmica.....	17
<b>Figura 4.1</b>	Sensor de umidade.....	32
<b>Figura 4.2</b>	Gráfico voltagem de saída x umidade relativa.....	33
<b>Figura 4.3</b>	Fonte do sensor.....	33
<b>Figura 4.4</b>	Desenho esquemático do circuito.....	34
<b>Figura 4.5</b>	Amplificador Op. multiplicador e comparador respectivamente.....	35
<b>Figura 4.6</b>	Aquecimento da resistência do pára-brisa.....	36
<b>Figura 4.7</b>	Pára-brisa de um Celta.....	37
<b>Figura 4.8</b>	Dimensões do protótipo do pára-brisa.....	39
<b>Figura 4.9</b>	Vista de perfil e de cima do protótipo do pára-brisa.....	39
<b>Figura 4.10</b>	Fio resistivo do protótipo do pára-brisa.....	41
<b>Figura 4.11</b>	Simulador de ambientes.....	42

## LISTA FOTOS

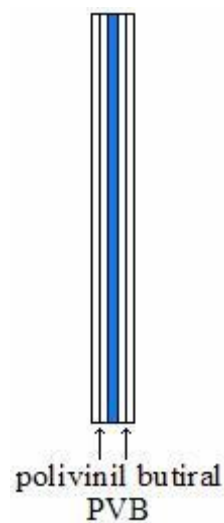
<b>Foto 4.1</b> Sensor de umidade.....	32
<b>Foto E-1.1</b> Mercúrio sob pressão.....	58
<b>Foto E-2.1</b> Copo antes.....	60
<b>Foto E-2.2</b> Copo depois.....	60
<b>Foto E-4.1</b> Bolhas e resitores queimados.....	64
<b>Foto E-6.1</b> Phosfo Enema borbulhando.....	68
<b>Foto do protótipo</b> .....	71

# CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO

Nesse projeto foi desenvolvida uma proposta para desembalar o pára-brisa de um automóvel através de seu aquecimento. Para isso, foi criado um pára-brisa diferente do convencional (**Figura 1.1**), uma vez que este é contituído de duas lâminas de vidro separadas por uma camada de água (**Figura 1.2**). Um sensor de umidade fica responsável em enviar dados a um circuito, informando a umidade na superfície do vidro onde ele se encontra. De acordo com o nível de umidade o circuito permite a passagem de corrente elétrica da bateria para o aquecimento de um fio resistor em contato com a água e, dessa forma, desembalando o pára-brisa.



**Figura 1.1** Pára-brisa convencional



**Figura 1.2** Pára-brisa do protótipo

Nesse capítulo é feita uma introdução ao projeto, onde são apresentados os principais componentes do protótipo juntamente com suas funções e como irão se comunicar. Na **seção 1.1** são mostrados os principais motivos que levaram o autor a desenvolver esse projeto. Nas **seções 1.2 e 1.3** estão apresentados os objetivos a serem alcançados com a realização do projeto. Na **seção 1.4** é

mostrada uma visão geral do projeto e relaciona como esta monografia está estruturada.

## **1.1 MOTIVAÇÃO**

A segurança, em qualquer área, sempre foi um alvo de atenção especial. O conforto é algo que a sociedade investe e almeja cada vez mais. O fato de ainda não existir comercialmente um mecanismo específico para desembaçar o pára-brisa de um automóvel, pelo menos na maioria deles, juntamente com os fatores de segurança e conforto, foram as principais motivações para o desenvolvimento desse projeto.

Outro motivo foi a viabilidade técnica de desenvolver esse mecanismo para a aplicação prática no mercado. O projeto, se desenvolvido em nível industrial, pode ter aceitação comercial, uma vez que o número de veículos aumenta a cada dia e os opcionais dos automóveis passam a ser um diferencial nos investimentos dessa área.

## **1.2 OBJETIVOS GERAIS**

O projeto tem como objetivo principal melhorar duas características em um automóvel: segurança e conforto. Esse objetivo está focado em desenvolver um pára-brisa especial, que seja capaz de desembaçar sem que o motorista tenha de tomar qualquer atitude além de não permitir que ele venha a embaçar quando o veículo estiver em movimento.

O projeto visa conciliar os conhecimentos acadêmicos aprendidos a uma necessidade da sociedade. Além de sua viabilidade e funcionalidade, possui uma

aplicação prática que pode ser estendida à outras áreas, como a da aviação e da navegação.

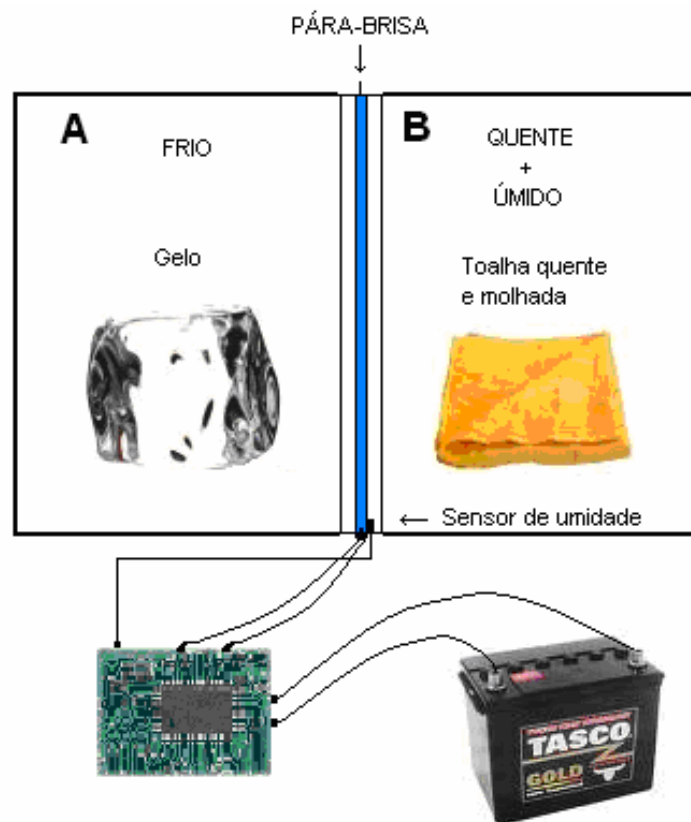
### **1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

É comum, à noite ou em dias frios, ao estacionar veículos em lugares abertos, encontrar o pára-brisa embaçado. Analisando esse fato pode-se observar que não existem, pelo menos na maioria dos carros, um verdadeiro e eficiente desembaçador de pára-brisa. As pessoas costumam utilizar o ar condicionado, o ventilador ou até mesmo o ar quente como métodos alternativos, mas nenhum deles é tão eficiente, tem uma resposta rápida ou foi desenvolvido unicamente para tal propósito.

Dessa forma, o projeto propõe-se a desenvolver uma solução que não só desembaçasse o pára-brisa, como também não permita que o mesmo venha a embaçar em meio a uma chuva com os vidros fechados.

## 1.4 VISÃO GERAL DO PROJETO

O protótipo desenvolvido é mostrado na **Figura 1.3**:



**Figura 1.3** Representação do protótipo

O protótipo consiste em criar dois ambientes distintos: Um ambiente (A), frio, simulando o ambiente externo ao veículo e outro (B), quente e úmido, simulando o ambiente interno, afim de recriar o fenômeno que ocorre no interior do veículo em dias frios. O protótipo é composto de dois aquários deitados, com a abertura de um voltada para a abertura do outro e no meio o pára-brisa. No lado (B), na superfície do vidro, será colocado um sensor de umidade, responsável por enviar informações para o circuito. Já o circuito é programado para que assim que a superfície do vidro atingir uma determinada umidade, permitir a passagem de corrente elétrica da bateria para o aquecimento da resistência interna ao pára-brisa.

Para a simulação do embaçamento do pára-brisa coloca-se no ambiente (A) bastante gelo para resfriar o vidro. Devido a condução térmica, ele se resfria como todo ao longo do tempo. Em seguida coloca-se uma toalha quente e úmida do lado (B), fazendo com que o ar desse ambiente fique saturado, quanto à umidade, e sofra condensação na face interna do pára-brisa, a qual encontra-se fria. Nesse momento o sensor acusará necessidade do circuito permitir a passagem da corrente elétrica para o aquecimento da resistência, em contato com a água.

Cada uma dessas etapas é detalhada nos capítulos desta monografia, relacionados a seguir:

- **Capítulo 1:** Introdução, motivação para a escolha do tema, os objetivos a serem alcançados e visão geral do projeto;
- **Capítulo 2:** Referencial teórico sobre os fenômenos a serem trabalhados no projeto, como condução, convecção e soluções eletrolíticas. Também são apresentados conceitos sobre as palavras-chave e como as mesmas são aplicadas no projeto;
- **Capítulo 3:** O objetivo deste capítulo é explicar a importância da bateria, como ela funciona e como ela será empregada no projeto;
- **Capítulo 4:** Este capítulo está estruturado em três seções:
  - **Escolha do Líquido:** Aqui será explicado quais foram os requisitos para a escolha do líquido e os testes realizados para encontrá-lo;
  - **Desenvolvimento do circuito:** Nesta seção são apresentados os hardwares empregados e desenvolvidos na construção do circuito eletrônico do protótipo, assim como toda base teórica e experimental utilizada para o seu desenvolvimento;



- **Desenvolvimento do protótipo:** Aqui será explicado em que foi baseada a construção do protótipo, quais objetivos, quais materiais empregados, quais formatos e dimensões;
- **Capítulo 5:** Neste capítulo são apresentados os dados coletados, avaliação e gráficos de desempenho, juntamente com os resultados obtidos;
- **Capítulo 6:** São apresentadas as considerações finais do projeto com as conclusões obtidas, as dificuldades encontradas e sugestões para projetos futuros;
- **Apêndices:** Aqui serão relacionados todos os experimentos realizados ao longo do projeto e que serão constantemente citados ao longo desta monografia. Ao final uma fotografia do protótipo.

## CAPÍTULO 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Para que o projeto possa ser melhor compreendido, a monografia relaciona neste capítulo os principais assuntos envolvidos no desenvolvimento do projeto, e em especial, do líquido.

Na **seção 2.1** é dada uma base teórica sobre os principais fenômenos físicos e químicos que envolvem o projeto, explicando o que vem a ser condução térmica, correntes de convecção e soluções eletrolíticas. Já a **seção 2.2** faz uma breve explanação sobre cada uma das palavras-chave do projeto e mostra de que forma elas são aplicadas. Mostra também como o projeto reúne todas elas para o desenvolvimento do mecanismo proposto.

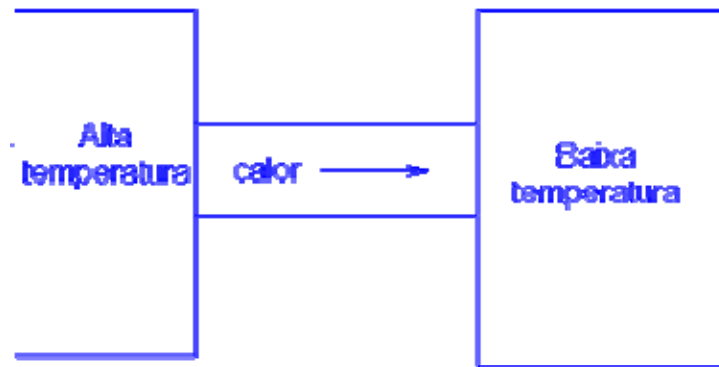
### 2.1 FENÔMENOS FÍSICOS E QUÍMICOS

#### **Condução térmica:**

Chama-se condução térmica a transferência de energia entre as partes adjacentes de um corpo, em consequência da diferença entre suas temperaturas [2,7,9,10].

A condução térmica é um dos meios de transferência de calor que geralmente ocorre em materiais sólidos, e é a propagação do calor por meio do contato de moléculas de duas ou mais substâncias com temperaturas diferentes. Ocorre a propagação de calor sem transporte da substância formadora do sistema, ou seja, através de choques entre suas partículas integrantes.

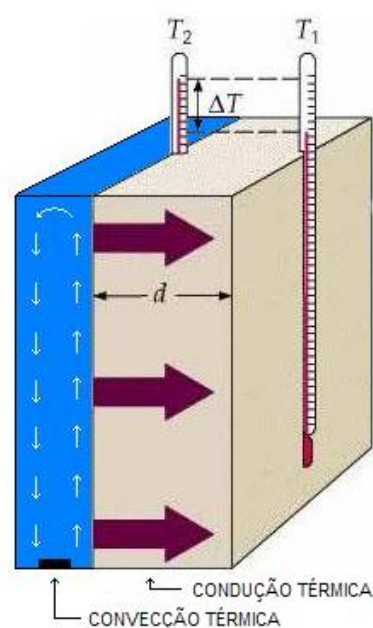
Suponha que se coloque um material entre dois reservatórios com diferentes temperaturas, como mostra a **Figura 2.1**. O calor se propaga do meio de maior temperatura para o de menor temperatura.



**Figura 2.1** Transferência de calor

Os metais, devido a sua elevada condutividade térmica, são excelentes meios de propagação de calor. Os gases e alguns líquidos, que possuem baixa condutividade térmica, são péssimos meios de propagação de calor por condução térmica.[2,7,10]

Esse é o fenômeno responsável em aquecer o vidro do pára-brisa. O líquido interno ao pára-brisa é aquecido pela resistência que propaga o seu calor por condução térmica para os vidros até atingir a superfície do mesmo, desembacando-o (**Figura 2.2**). O fenômeno da condução ainda pode ser observado na troca de calor entre a resistência e o líquido em contato com o mesmo.



**Figura 2.2** Condução térmica e convecção térmica.

### **Correntes de convecção:**

Em fluidos também ocorre transferência de calor por condução, porém nestes o aumento da temperatura provoca uma alteração na densidade do fluido na parte mais quente, o que provoca uma movimentação macroscópica [7,10].

A convecção térmica é um fenômeno que só ocorre em fluidos, ou seja, líquidos e gases que estão sujeitos a gradientes de temperatura, ou seja, diferenças de temperatura entre dois pontos do fluido. Como os fluidos expandem-se quando aquecidos, um elemento do fluido perto da região quente irá aumentar seu volume e, por conseguinte, diminuir sua massa específica (massa específica = massa / volume). Da mesma forma um elemento na região fria terá seu volume diminuído e sua densidade aumentada. Sob a ação do campo gravitacional terrestre, o elemento menos denso será deslocado pelo elemento mais denso, criando um processo de circulação ou fluxo convectivo.

No protótipo esse fenômeno é de fundamental importância para desembasar o pára-brisa, uma vez que o fio de resistência se localiza na parte inferior do vidro. O fio em contato com o líquido em sua parte inferior do pára-brisa o aquece, essa camada líquida aquecida torna-se menos densa em relação às camadas superiores uma vez que suas partículas recebem energia e aumentam seu grau de agitação molecular. Dessa forma, a parte do líquido menos densa sobe e a mais densa desce, criando uma corrente de convecção que tende a se estabilizar a medida que todo o líquido adquire temperaturas iguais em toda suas camadas (**Figura 2.2**).

Através de experimentos foi constatado que a melhor forma de fazer o aquecimento do líquido seria utilizando o método da convecção térmica. Por esse motivo toda a resistência que deveria ser utilizada no pára-brisa foi colocada em sua parte inferior, caso contrário haveria um aumento no tempo de resposta do projeto, diminuindo seu desempenho.

### **Soluções eletrolíticas:**

A eletrólise é um processo eletroquímico, caracterizado pela ocorrência de reações de oxi-redução em uma solução condutora quando se estabelece uma diferença de potencial elétrico entre dois (ou mais) eletrodos mergulhados na solução. Dessa forma, a denominação “solução eletrolítica” é empregada para designar qualquer solução aquosa condutora de eletricidade [16].

No projeto tentou-se encontrar um líquido que pudesse ser capaz de aquecer pelo efeito da eletrólise, ou seja, pelo aquecimento gerado através do movimentos dos íons de um pólo para o outro. O movimento desses íons (cátions+ e ânions-) através de um líquido é capaz de gerar corrente elétrica. O teste feito com o Phosfo Enema e o Carbogel não obteve resultados satisfatórios, uma vez que a tensão gerada pela diferença de pontencial (DDP) entre os pólos foi muito baixa, dessa forma a corrente gerada, cerca de 0,74A para o Phosfo Enema e 0,01A para o Carbogel era insuficiente para aquecer o líquido.

## **2.2 PALAVRAS-CHAVE**

### **Baterias automotivas:**

No **capítulo 3** é apresentado detalhadamente o funcionamento de uma bateria automotiva, os tipos existentes e sua capacidade de carga. Porém, aqui vale a pena ressaltar a sua importancia no projeto, funcionando como fonte única de alimentação de todo o circuito, além de atender em paralelo às outras necessidades demandadas pelo automóvel.

### **Sensor de umidade:**

O dia-a-dia do ser humano está cercado de sensores, seja para propiciá-lo conforto, segurança ou monitorar algo. Estão presentes desde o momento em que

se entra em um *shopping*, abrindo as portas quando se chega perto, até em um Centro de Processamento de Dados (CPD), onde é fundamental o controle de temperatura e umidade do ambiente.

Existem inúmeros tipos de sensores, como os de umidade, temperatura, pressão e movimento. Um mesmo sensor, de temperatura por exemplo, pode ser desenvolvido de diversas formas, variando conforme o fabricante e suas necessidades de aplicação.

Na **seção 4.2** serão apresentados os dados técnicos sobre o funcionamento do sensor de umidade empregado no projeto. Serão comentadas também as principais características do sensor segundo seu manual.

O sensor de umidade empregado no projeto tem como objetivo monitorar constantemente a umidade na superfície do pára-brisa interna ao veículo. Uma vez que ele acusar uma certa umidade, onde o vidro tende a começar a embaçar, chamado de ponto de embaçamento, o circuito atuará para que o mesmo não aconteça.

### **Microeletrônica:**

A microeletrônica está presente no dia-a-dia de muitas pessoas. Ao se levantar com um rádio relógio, ao usar o microondas, no som do carro, em seu computador do escritório e assim por diante, enfim, a tecnologia muitas vezes está ligada à microeletrônica.

No projeto ela é utilizada para desenvolver o circuito responsável por permitir a passagem de energia que aquece o pára-brisa. O circuito é configurado para permitir a passagem de energia quando o sensor acusar uma umidade igual ou superior ao ponto de embaçamento e bloquear a passagem da mesma quando a umidade for abaixo desse ponto.

### **Opcionais automotivas:**

O número de automóveis vem crescendo diariamente na maioria dos países, principalmente no Brasil. Exemplo disso é a expansão acentuada da frota de veículos do DF. Segundo dados do Detran, o número de carros, motos e utilitários registrados no departamento subiu de 500 mil para 821 mil unidades no período de 1998 a 2004, o que corresponde a um aumento de aproximadamente 64% [14].

As opcionais automobilísticas nos últimos anos passaram a ser um fator determinante para os fabricantes de automóveis. A disputa pelo mercado é cada vez mais acirrada e os clientes são mais exigentes e seletivos.

O desembaçador inteligente de pára-brisa vem como mais um opcional tanto para os fabricantes quanto para os usuários, como um fator de conforto e segurança. Os fabricantes ainda podem desenvolver o mecanismo de duas maneiras distintas, a automática, proposta no projeto, e a manual que é mais simples, bastando ligar em um botão de liga/desliga.

## **CAPÍTULO 3. BATERIA AUTOMOTIVA**

A fonte geradora de toda a energia elétrica do projeto é a bateria automotiva. Essa energia, que será convertida em calor por efeito Joule e transferida para a água, deve ser adaptada ao circuito responsável pelo seu acionamento.

Abaixo será apresentada a importância da bateria automotiva, os tipos que existem, sua capacidade de corrente elétrica, chamada de carga, seu funcionamento e algumas considerações sobre o alternador, importante componente do motor do carro responsável pela recarga da bateria.

### **3.1 A IMPORTÂNCIA DA BATERIA**

A bateria automotiva costuma ser peça deixada em segundo plano na maioria das preparações elétricas do carro, embora a sua importante função. Ela deve ser vista como a primeira peça a ser avaliada nesse projeto, antes de qualquer coisa, porque, afinal, tudo depende dela. Antes de tudo será esclarecido o que é uma bateria forte ou fraca.

A potência da bateria pode ser avaliada de acordo com a sua carga nominal, que é a corrente elétrica(A). Toda a parte elétrica do carro funciona em 12 volts e cada equipamento consome uma certa corrente, portanto quanto mais corrente tem a bateria mais equipamentos ela suportará.

As baterias originais do carro têm sua capacidade preparada para suportar somente a parte elétrica original do carro. Tudo que for adicionado posteriormente pelo proprietário do veículo, como ar-condicionado, som, amplificadores e faróis mais potentes farão com que a bateria se desgaste mais rapidamente e não



forneça energia suficiente, fazendo com que os equipamentos tenham um rendimento abaixo do esperado e não dêem o retorno desejado.

O Ford Ka, por exemplo, possui um motor 1.0 e tem sua bateria original de 40A. Esse carro necessita de uma corrente elétrica de 40A para que todos os componentes elétricos funcionem bem durante várias horas, sendo que o pico de consumo (tudo ligado, ventoinha do radiador, farol, ar-condicionado) não passa de 40A. Se instalado neste carro um som muito potente que precise de pelo menos 20A a bateria deve ter no mínimo 60A, sendo assim dividida, 40A para o carro e 20A para o som. Se deixar apenas a bateria original, a potência do som e toda a parte elétrica irá oscilar de acordo com o consumo, ou seja, todos os componentes elétricos do carro vão disputar entre si qual consegue mais energia. Uma forma fácil de se notar isso é ligar o carro com o som ligado. Normalmente o som pára e as luzes do display ficam mais fracas, e isto significa que a bateria não está sendo suficiente [15].

Quando a bateria não suporta toda corrente requisitada pelo carro podem ocorrer vários problemas na parte elétrica do mesmo, os mais freqüentes são:

**Oscilação na voltagem** – Quando forçada a bateria com uma corrente maior do que ela suporta, a tensão (12V) diminui causando oscilação e podendo queimar componentes importantes ou então seu mal funcionamento.

**Duração de carga menor** – Quando a bateria fica muito tempo em sua carga máxima não costuma segurar a carga por mais de 1 hora. Para aumentar a durabilidade de carga basta instalar uma bateria com maior corrente.

**Baixa vida útil** – Baterias automotivas que estão sempre sendo muito exigidas e já tiveram sua carga zerada não duram muito. É importante deixar a bateria sempre com carga e com uma certa folga na corrente.

### 3.2 TIPOS DE BATERIA

Existem várias baterias no mercado com a mesma tensão e corrente, porém de tipos diferentes; basicamente se refere ao tipo de funcionamento: [15]

**Selada:** Não necessita de manutenção. Segundo o fabricante a água da bateria dura por toda a vida útil sem a necessidade de recarga, esta vida útil geralmente chega a 4 anos se a bateria for bem cuidada. Nestas baterias o processo químico para produzir eletricidade consome uma quantidade insignificante de água. O problema é que em alguns casos de sobrecarga a água desaparece da bateria e acaba inutilizando a mesma. Não existe uma forma de recarregar ou verificar o nível da água.

**Não selada:** Requer manutenção, o nível da água deve ser checado pelo menos uma vez por ano, e caso esteja sempre completo a bateria pode durar tanto quanto uma bateria selada. Nessas baterias o processo químico para produzir eletricidade consome água e por este motivo ela deve ser verificada e completada. A desvantagem fica por conta de ser mais uma coisa a ser verificada na hora da manutenção.

### 3.3 CAPACIDADE DE CARGA

Toda bateria automotiva traz discriminada em sua etiqueta a capacidade nominal e a de pico para que o usuário saiba qual atende suas expectativas:

**Capacidade nominal:** É a capacidade de carga que a bateria suporta continuamente, é medida em ampéres, normalmente vem na etiqueta “Bateria 12V 40A”. Isto significa que a bateria tem a capacidade de fornecer 40 ampéres até o fim de sua carga.

**Capacidade de pico:** É a capacidade de carga máxima que a bateria pode fornecer em pouquíssimo tempo, normalmente vem na etiqueta “capacidade de pico 650A”. Isto quer dizer que a bateria tem a capacidade de fornecer 650 amperes em alguns décimos de segundo e depois diminui bruscamente para a capacidade nominal. É uma medida muito importante na hora da partida do veículo e para quem precisa de um som muito potente.

### **3.4 FUNCIONAMENTO DA BATERIA**

As baterias automotivas são feitas com componentes derivados do chumbo. Dentro delas existem placas com cargas positivas de peróxido de chumbo e negativas de chumbo que ficam mergulhadas em uma solução de ácido sulfúrico diluído em água destilada ou desmineralizada. [15]

O fluido da bateria é consumido de acordo o consumo e carga da mesma. Algumas baterias, como as não seladas, consomem esse fluido consideravelmente e precisam ser conferidas constantemente, outras consomem tão pouco que, assim como as seladas, nunca requerem recarga. Caso o nível de fluido fique muito baixo a ponto de expor as placas de chumbo, elas danificam permanentemente.

### **3.5 ALTERNADOR**

O alternador é o componente do motor do carro responsável por recarregar da bateria. Quando o motor está ligado ele gera eletricidade carregando a bateria para que ela possa armazenar energia e ser usada quando o motor estiver desligado, como o som, o farol e a luz interna por exemplo.

Quando a bateria é trocada por uma de maior corrente o tempo de carga total é proporcional, ou seja, se para carregar uma bateria original de 40A demora 1 hora, para carregar uma de 60A demora 1 hora e meia com o mesmo alternador. Da mesma forma, a descarga é mais lenta.

Para os usuários que utilizam o carro toda semana e têm um som potente, mas não utilizam o som com sua potência máxima constantemente, o alternador original pode ser o suficiente, já que dá tempo de recarregar totalmente a bateria.

É recomendado a troca do alternador original por outro maior somente para carros que consomem muita eletricidade e ficam pouco tempo ligados.

É importante saber que o alternador é um componente que consome potência do motor, quanto maior o alternador maior é a potência roubada. Em carros populares não é recomendado que se troque o alternador, uma vez que já são de baixa cilindrada e a perda de potência é relativamente maior [15].

### **3.6 A BATERIA E O PROTÓTIPO**

No protótipo, a bateria automotiva foi substituída por um gerador de corrente contínua (DC) equivalente, cujo modelo é o Pasco Scientific (Model SF-9582). Esse gerador é responsável pela alimentação de todo o protótipo, que inclui uma resistência interna ao pára-brisa, um sensor de umidade e o circuito.

O gerador de DC trabalha em uma tensão de 12V, fornece uma corrente de aproximadamente 6A e a resistência equivalente de todo o circuito é de  $2\Omega$ .

O gerador tem sua corrente controlada pelo circuito. É o circuito que irá permitir ou não a passagem de corrente para o aquecimento da resistência interna ao pára-brisa de acordo com os sinais enviados pelo sensor de umidade fixado na face interna do pára-brisa.

O circuito não influenciará na longevidade da bateria do carro nem mesmo acarretará perda de desempenho do mesmo, uma vez que o circuito será utilizado com pouca frequência e utiliza uma pequena corrente elétrica durante poucos minutos. O circuito é compatível tanto para as baterias seladas quanto as não seladas e a corrente elétrica a ser utilizada será adequada à capacidade nominal da bateria.

## **CAPÍTULO 4. DESENVOLVIMENTO**

Este capítulo tem por objetivo explicar como o protótipo do projeto foi construído. Aqui será mostrada grande parte da teoria utilizada no projeto e como ela foi aplicada ao protótipo. Será visto como foi escolhido o líquido, como o circuito foi desenvolvido, juntamente com os componentes que o formam. Também será apresentado como foi desenvolvido o protótipo do pára-brisa e a simulação de ambientes, juntamente com todos os cálculos relacionados a cada um desses tópicos.

O capítulo está estruturado em três seções. A primeira delas, **4.1**, diz respeito aos líquidos utilizados nos experimentos até a escolha do líquido utilizado no pára-brisa. A segunda parte, **4.2**, discorre sobre o desenvolvimento do circuito e detalhes sobre os hardwares nele empregados. A terceira e última parte, **4.3**, é dividida em duas seções. A primeira se encarrega de dizer como foi desenvolvido o pára-brisa e a segunda diz como os simuladores de ambientes funcionam e foram construídos.

### **4.1 ESCOLHA DO LÍQUIDO**

Assim como já existem os desembaçadores de vidro traseiro através de um filamento resistivo que percorre o vidro, e utilizando-se do mesmo princípio, o do aquecimento, foi desenvolvida uma maneira diferente de se fazer o desembaçamento do pára-brisa, uma vez que a utilização dos filamentos no mesmo acarretaria em perda de visibilidade ao motorista.

A partir de então surgiu a primeira premissa: a resistência deveria ser transparente. Uma vez sendo transparente, concluiu-se que a mesma deveria ser

líquida ou gasosa. A função da resistência interna ao pára-brisa é justamente fazer o aquecimento do vidro, dessa forma deveria ser um bom condutor. Na escala de condutibilidade térmica tem-se que os metais são os melhores condutores, dessa forma foi estudada a possibilidade de trabalhar com o mercúrio, que reunia ambas características em condições ambiente.

Acreditava-se que o mercúrio ao ser submetido a alta pressão entre duas lâminas de vidro fosse se espalhar ao longo do mesmo e torna-se-ia uma película transparente, porém na prática ele apenas espalhou-se pelo vidro formando uma película espelhada (Apêndice **Experimento 1**).

Nesse caso estava sendo estudada a possibilidade de fazer o aquecimento do pára-brisa através de um único fenômeno físico, analogamente ao vidro traseiro. Esse fenômeno seria a condução térmica, como visto no capítulo 2. Como os resultados não foram os esperados, partiu-se para uma nova tentativa, dessa vez testar o efeito de um líquido quente em uma superfície embaçada (Apêndice **Experimento 2**). Como observado na **Foto E-2.1** e na **Foto E-2.2**, o efeito foi rápido e eficiente, gerando justamente os resultados desejados pelo projeto.

Na tentativa de encontrar um líquido apropriado, que pudesse se aquecer rapidamente sem que alterasse suas propriedades ou sofresse algum tipo de reação, foram estudados o Carbogel, o Óleo mineral e o Phosfo Enema. Esses líquidos foram escolhidos baseados em suas características, como a transparência, boa convecção térmica ou possibilidade de funcionar como solução eletrolítica.

O Carbogel é um gel utilizado por médicos em exames cardiológicos e ultrasons. Ele foi sugerido para testes porque além de incolor, tem a capacidade de conduzir elétrons.

Em princípio foi testado se o Carbogel serve como um bom meio eletrolítico. Ao colocar os eletrodos positivo e negativo nas extremidades opostas do becker pôde-se observar que a corrente que passava através da solução era muito inferior àquela desejada, não sendo suficiente para gerar o aquecimento necessário do líquido (Apêndice **Experimento 3**).

Como o resultado não foi satisfatório, e aproveitando o Carbogel, foi testado se o mesmo não seria capaz de servir como um bom meio condutor ou gerar boas correntes de convecção. Foi mergulhado resistores em um becker contendo o gel e então aquecido os resistores. O gel manteve suas temperaturas nas extremidades afastadas do resistor, inclusive na superfície do becker. Dessa maneira foi concluído que o gel além de não ser um bom condutor térmico não gerou correntes de convecção que pudessem alterar a temperatura na superfície do becker (Apêndice **Experimento 4**). Associado a isto, o gel que formava a superfície de contato com os resistores evaporou e os resistores, que não tinham mais gel para trocar calor, queimaram (**Foto E-4.1**). Dessa forma, o uso do Carbogel foi descartado para o projeto.

Em seguida foi testado se o Óleo mineral funciona como um bom meio condutor ou gera boas correntes de convecção. Tentou-se realizar o mesmo procedimento feito com o carbogel. Os resultados foram bons uma vez que em pouco tempo o Óleo sofreu um grande aumento em sua temperatura ao longo de todo o recipiente. O Óleo mineral seria um bom líquido se não fossem as pequenas bolhas formadas do fundo do becker, semelhante ao fenômeno que ocorre em um copo com refrigerante. Apesar de pequenas as bolhas, já se podia notar uma pequena perda de visibilidade, assim tendo que ser eliminado do projeto também (Apêndice **Experimento 5**).

O outro teste realizado foi com Phosfo Enema. Esse líquido, assim como os anteriores, é transparente e incolor. Tem sua composição formada por sais



minerais a base de sódio. Nesse caso, o objetivo do experimento foi testar se o Phosfo Enema serve como um bom meio eletrolítico, testar sua condutibilidade térmica, sua variação de temperatura num dado tempo e correntes de convecção. Comparando com o Carbogel, o Phosfo Enema obteve melhores resultados, um vez que a corrente gerada entre os dois pólos foi maior e consequentemente o aumento de temperatura ao longo do becker. Entretanto o aquecimento gerado continuava sendo aquém do desejado pelo projeto. (Apêndice **Experimento 6**).

A partir do resultado desses testes realizados observou-se que a maneira mais fácil de atingir os objetivos do projeto seria através de convecção térmica associada à condução térmica, descartando a utilização de soluções eletrolíticas.

O último líquido estudado foi a água. Após submergir os resistores em um becker contendo água e aquecê-los, pôde-se observar que a água rapidamente aqueceu e não gerou nenhum tipo de reação. Dessa forma a água foi escolhida como o líquido que melhor se comportou para o protótipo, pois foi capaz de atender a todos os requisitos do projeto sem alterar sua composição (Apêndice **Experimento 7**). Vale a pena lembrar que o uso da água serve apenas em nível de protótipo, uma vez que a mesma se utilizada em pára-brisa de automóveis que circulam em países onde a temperatura atinge valores abaixo de 0°C, a água vai congelar e além de tornar-se opaca vai expandir-se, impossibilitando a visibilidade e podendo danificar o vidro.

## 4.2 DESENVOLVIMENTO DO CIRCUITO

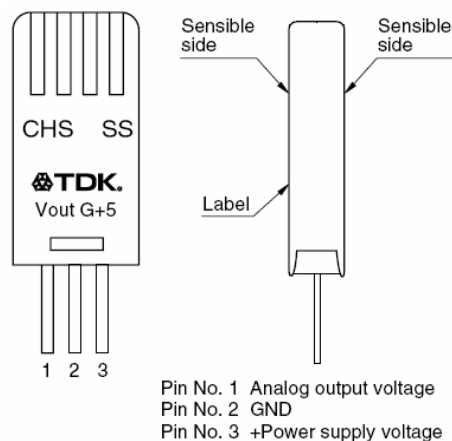
O propósito do circuito no projeto é fazer o controle do aquecimento do pára-brisa, permitindo ou não a passagem de corrente para o fio resistivo do mesmo e garantir a automação do sistema. O mecanismo que torna o sistema automático é o sensor de umidade, fixado na face interna do pára-brisa.

Esse sensor de umidade da série CHS, do tipo SS, possui 3 pinos. O pino 1, *Analog Output Voltage*, é o mais importante para o circuito, pois é ele que fica responsável por emitir o valor da umidade para o circuito. O pino 2 é o *Ground* ou “Fio Terra”. O terceiro e último pino é o *Power Supply Voltage*, que recebe a energia da bateria para o funcionamento do sensor. [13]

O pino 1 do sensor é capaz de monitorar valores de umidade relativa variando de 5 a 90% tendo uma precisão de  $\pm 5\%$ . A **Foto 4.1** mostra o sensor de umidade e a **Figura 4.1** mostra detalhes sobre o mesmo.



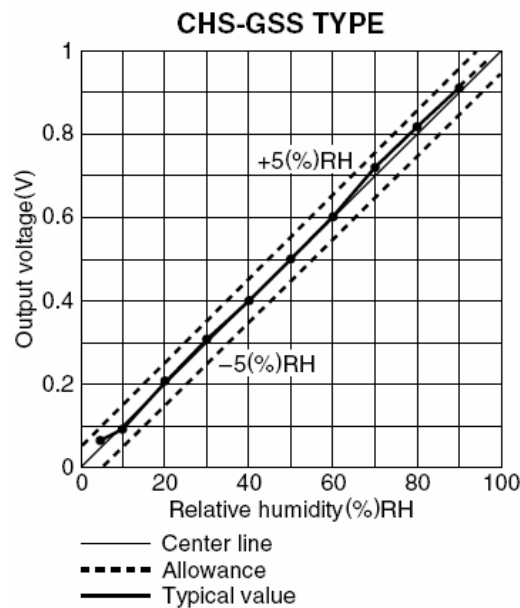
**Foto 4.1** Sensor de umidade



**Figura 4.1** Sensor de umidade

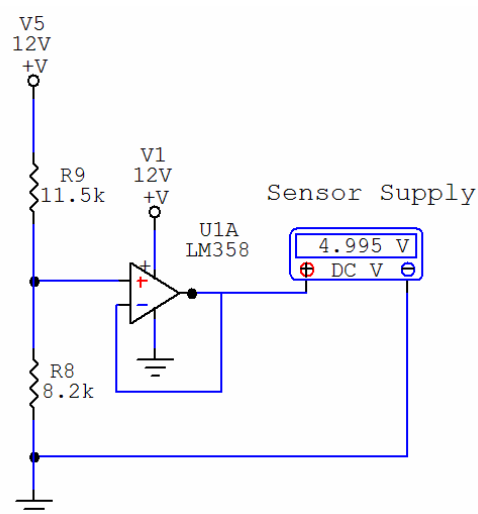
Essa umidade é enviada ao circuito na forma de tensão em DC. A tensão de saída pode variar de 0 a 1 volt, dependendo da umidade relativa. A **Figura 4.2**

mostra um gráfico praticamente linear que relaciona os valores de tensão e umidade.



**Figura 4.2** Gráfico voltagem de saída x umidade relativa

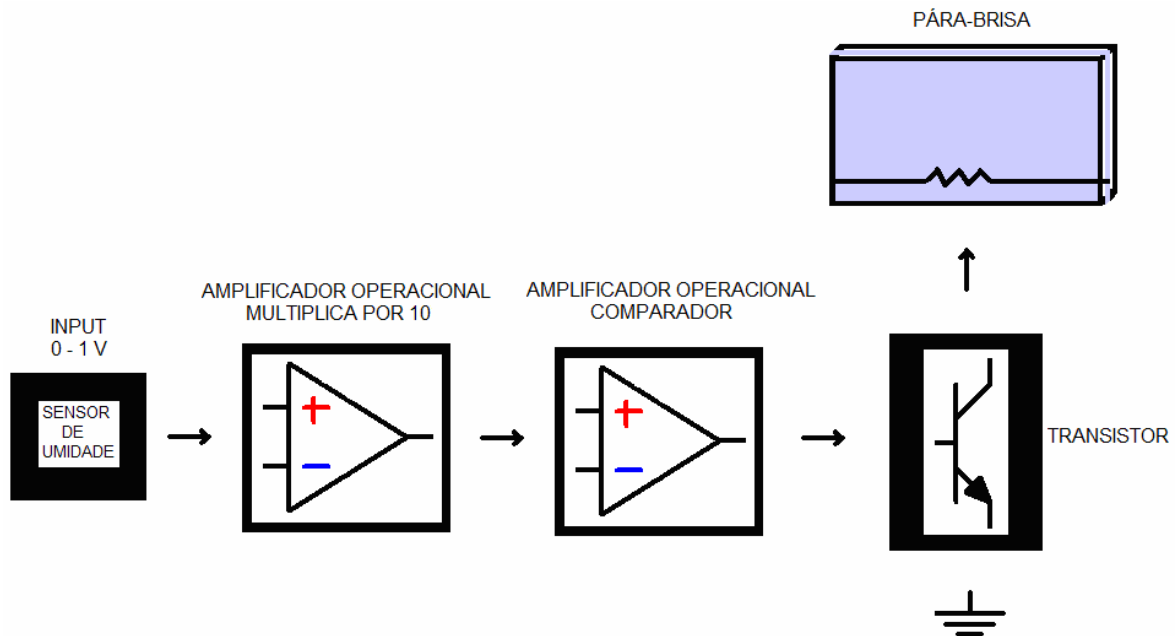
O pino 3, deve receber da bateria apenas 5V, que é a tensão para o sensor funcionar. Como a bateria fornece uma tensão de 12V, foi desenvolvido um divisor de tensão, conectado a um amplificador operacional realimentado, isso garante que sensor será alimentado por apenas 5V, e não mais do que isso (Ver **Figura 4.3**). [1,3,5,8]



**Figura 4.3** Fonte do sensor

O sensor de umidade é sensível ao calor, podendo suportar no máximo 45°C e uma vez sendo a umidade igual por toda a superfície do vidro, o sensor de umidade é fixado no centro do pára-brisa na parte superior. Este local é o menos quente de todo o vidro.

A **Figura 4.4** mostra o diagrama de blocos do circuito proposto.

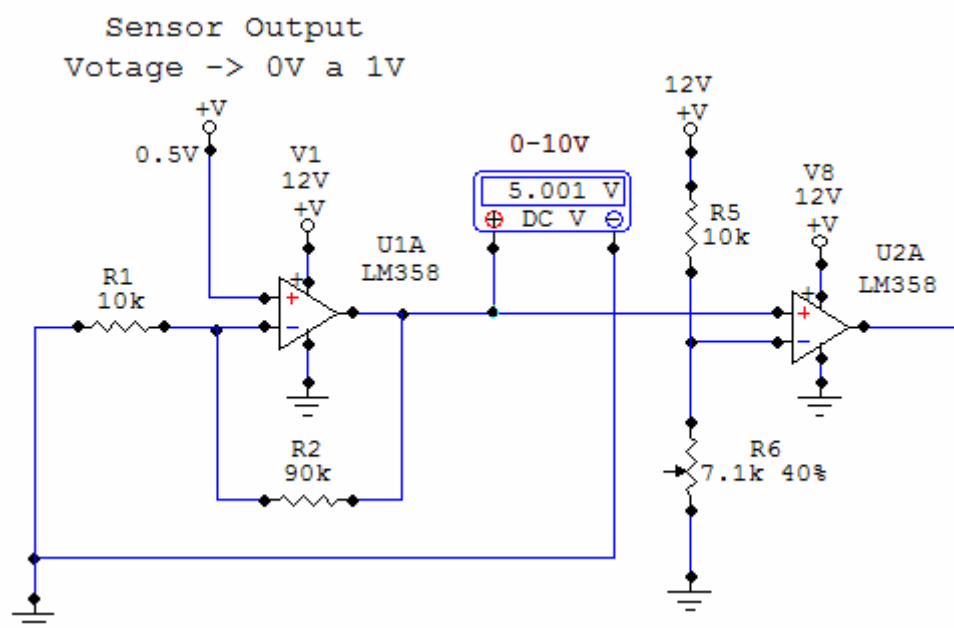


**Figura 4.4** Desenho esquemático do circuito

Primeiramente o sensor de umidade envia um valor de tensão para o circuito. Como dito anteriormente, essa tensão pode variar entre 0 a 1V de acordo com o nível de umidade medido. Essa tensão precisa ser comparada com a tensão de embaçamento (configurada no circuito como 50% de RH ou 0.5V) e, caso seja igual ou maior, o circuito liga, caso contrário permanece desligado.

O dispositivo responsável por fazer a comparação de umidade é um amplificador operacional comparador. No projeto foi utilizado o circuito integrado LM 358, que possui dois amplificadores operacionais internamente. Como a tensão a ser comparada pelo amplificador é muito baixa, a precisão do circuito diminui, dessa forma, outro amplificador operacional é utilizado antes de ser feita

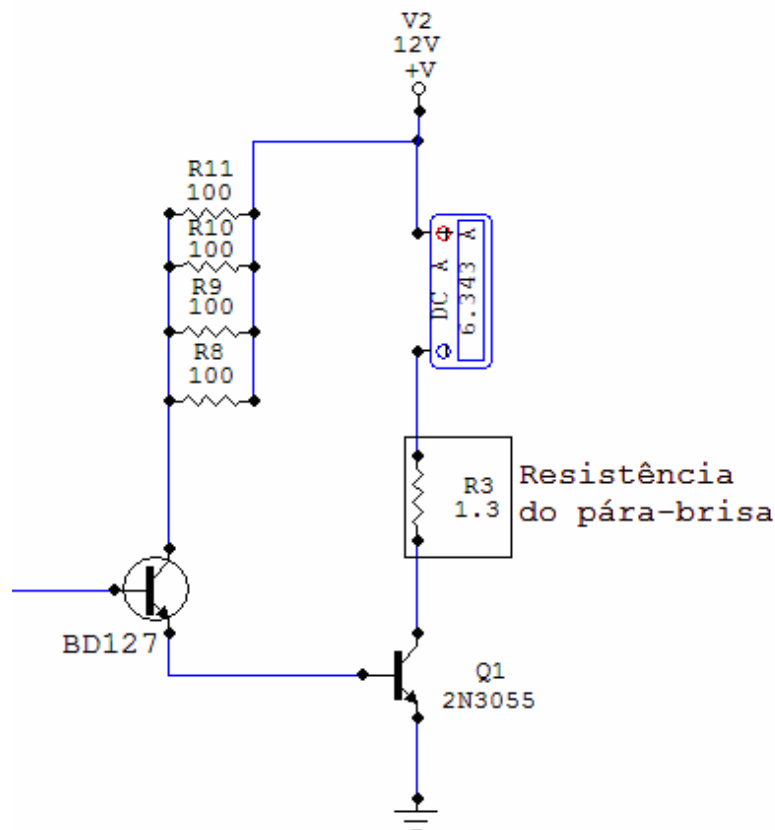
a comparação. Esse amplificador tem por finalidade multiplicar o valor da tensão por um fator de dez. A **Figura 4.5** mostra essa parte do circuito [4,6,8].



**Figura 4.5** Amplificador Op. multiplicador e comparador respectivamente.

Após feita a comparação, um transistor receberá uma corrente em sua base, que poderá ou não ativá-lo (saturá-lo). O transistor utilizado no projeto é o BD 127, que será saturado apenas para valores de tensões acima de 0.5V de saída do sensor. Valores de tensões, emitidas pelo sensor, abaixo de 0.5V não serão capazes de gerar corrente suficiente para saturar o transistor.

Caso seja saturado, este permitirá a passagem de uma corrente para a ativação de um outro transistor, dessa vez o transistor de potência 2N3055. Essa corrente parte da bateria de 12V, atravessa 4 resistores de  $100\Omega$  em paralelo, passa pelo coletor e o emissor do BD 127 e em seguida ativa o transistor 2N3055 ao atingindo a sua base. Esse transistor precisa de uma alta corrente em sua base para ser saturado, por isso a utilização do transistor BD127 antes, para ter um ganho nessa corrente. Assim que o 2N3055 é saturado a corrente parte da bateria, passa pelo fio resistivo (de  $1.3\Omega$ ) interno ao pára-brisa, aquecendo-o, e segue em direção à terra, como mostra a **Figura 4.6**. [1,5,6,8]



**Figura 4.6** Aquecimento da resistência do pára-brisa

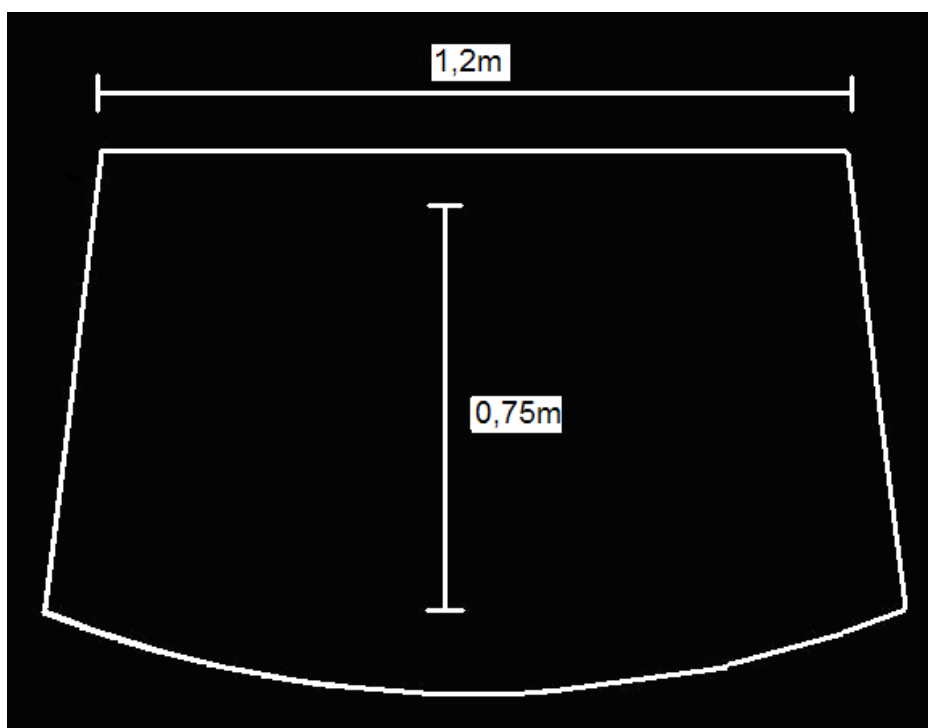
Uma corrente de aproximadamente 6,3A passa pelo fio resistivo interno ao pára-brisa e o esquentam por efeito Joule. A água em contato com o fio também esquenta e conseqüentemente esquenta o vidro através do fenômeno da condução térmica, desembaçando-o. O circuito permanecerá ativado enquanto o sensor acusar níveis de umidade acima de 50% de RH. Após esse momento tanto o vidro quanto a água permanecerão quentes por alguns minutos, não permitindo que o vidro volte a embaçar e conseqüentemente que o circuito seja ativado e desativado continuamente.

### 4.3 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

O desenvolvimento do protótipo pode ser dividido basicamente em duas partes: o pára-brisa e o simulador de ambientes. A seguir é visto cada uma delas.

#### 4.3.1 DESENVOLVIMENTO DO PÁRA-BRISA

Para se desenvolver o protótipo do pára-brisa foi necessário previamente fazer algumas medições e cálculos, uma vez que o mesmo é baseado nas proporções de um pára-brisa convencional. O pára-brisa mostrado a seguir é de um Celta. Como sua forma geométrica não é regular, foram adotados os valores médios de altura (0,75 m) e largura (1,2 m). Quanto à espessura do vidro, é de aproximadamente 7mm, também adotado no protótipo.



**Figura 4.7** Pára-brisa de um Celta

A partir desses valores pôde-se calcular as dimensões do protótipo. Transformando a largura ( $L_1$ ) e a altura ( $H_1$ ) real para uma única variável obtém-se:

$$\frac{1,20}{0,75} = 1,6$$

Logo se:

$$H_1 = 0,75 = X \quad \therefore X \text{ é a variável única.}$$

$$L_1 = 1,6X$$

A fim de se trabalhar com um valor preciso de 140ml de volume de líquido e ao mesmo tempo mantendo a proporcionalidade do pára-brisa real, foram calculados os valores de largura ( $L_2$ ) e altura ( $H_2$ ) do pára-brisa do protótipo:

$$L_2 \cdot H_2 \cdot E_2 = 140\text{ml} \quad \therefore E_2 = \text{espessura entre os vidros}$$

$$1,6X \cdot X \cdot 0,0029 = 1,4 \cdot 10^{-4} \text{m}^3$$

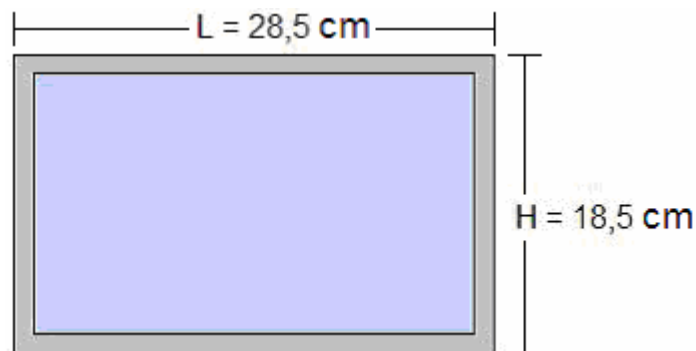
$$X = 0,1737\text{m} \quad \therefore X = \text{Altura} = 17,37\text{cm}$$

Conseqüentemente:

$$1,6X = 27,7 \quad \therefore 1,6X = \text{Largura} = 27,7\text{cm}$$

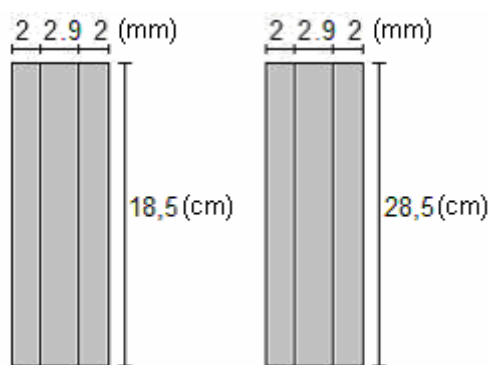
Para facilitar o corte dos vidros e sabendo que mais um centímetro é adicionado em função da junção entre as duas lâminas de vidro, o protótipo final do pára-brisa ficou com as seguintes dimensões mostradas na **Figura 4.8**. Vale lembrar que o pára-brisa do protótipo é composto de vidros planos, diferente de um pára-brisa real, que é curvo.





**Figura 4.8** Dimensões do protótipo do pára-brisa

A **Figura 4.9** apresenta a vista de perfil e de cima do protótipo do parabrisa respectivamente.



**Figura 4.9** Vista de perfil e de cima do protótipo do pára-brisa

Vale a pena ressaltar que esses cálculos são todos aproximados e sua função é apenas de criar um protótipo proporcional às dimensões reais do pára-brisa. O funcionamento do projeto não é vinculado a esses resultados.

Durante a confecção do protótipo do pára-brisa foi adicionado em seu interior na parte inferior um fio resistivo responsável por fazer o aquecimento da água. Esse fio é uma liga metálica composta de ferro e cobre retirado de um chuveiro novo. Foi utilizado 32cm dessa resistência linear, o que equivale a  $1,3\Omega$ . Com dito anteriormente, o desembaçador de pára-brisa foi desenvolvido baseado no desembaçador de vidro através de filamentos resistivos. Na pior das hipóteses, com o vidro bem embaçado, o desembaçador traseiro leva cerca de cinco minutos

para desembalar completamente o vidro, e no protótipo o efeito é semelhante. Os cálculos em que foram baseados esses valores são apresentados a seguir.

Sabe-se que no resistor passa uma corrente de 4,4A e que a resistência do fio em seus 32cm de extensão é de  $1,3\Omega$ . A potência dissipada por efeito Joule no fio será [9]:

$$Pot = R \cdot I^2 = 1,3 \cdot 4,4^2 = 25,17 \text{ W}$$

Considerando que esta potência será utilizada para aquecer a água, ou seja, gerar calor sensível, tem-se [7,9,10]:

$$Pot = \frac{Q_s}{\Delta t} = \frac{m \cdot c \cdot \Delta T}{\Delta t} = \frac{d \cdot v \cdot c \cdot \Delta T}{\Delta t}$$

Onde:

$$d = 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \therefore \text{Densidade da água}$$

$$v = 1,4 \cdot 10^{-4} = 0,275 \cdot 0,175 \cdot 0,0029 \text{ m}^3 \quad \therefore \text{Volume do líquido do protótipo}$$

$$c = \frac{4,18 \cdot 10^3 \text{ J}}{\text{kg}^\circ \text{C}} \quad \therefore \text{Calor específico da água}$$

$$\Delta T \quad \therefore \text{Variação da temperatura}$$

$$\Delta t \quad \therefore \text{Tempo decorrido}$$

Pode-se então definir uma taxa de variação da temperatura com o tempo:

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{Pot}{d \cdot v \cdot c} = \frac{25,17}{10^3 \cdot 1,4 \cdot 10^{-4} \cdot 4,18 \cdot 10^3} \cong 0,043 \frac{^\circ \text{C}}{\text{s}}$$

Ou seja:

- Em 1 segundo a temperatura da água aumenta  $0,043^\circ \text{C}$ .
- Em 1 minuto a temperatura da água aumenta  $2,58^\circ \text{C}$ .
- Em 5 minutos a temperatura da água aumenta  $12,9^\circ \text{C}$ .

Com essa variação de 12,9°C na temperatura inicial da água, o desembaçador de pára-brisa torna o vidro desembaçado em 5 minutos na pior das hipóteses, assim como o desembaçador traseiro.

Vale a pena lembrar que o protótipo foi calculado baseado no pára-brisa de um Celta. Os carros devem ter seus circuitos recalculados, como os valores de resistências e corrente, e sua quantidade de líquido redimensionada para gerar o aquecimento necessário e manter o tempo de resposta. Como foi visto no capítulo 3, a bateria é a base do projeto, então não se pode exigir muito dela uma vez que a mesma atende à inúmeras outras requisições do carro em paralelo. Normalmente carros que têm baterias mais potentes também têm pára-brisas maiores, mantendo assim a proporcionalidade.

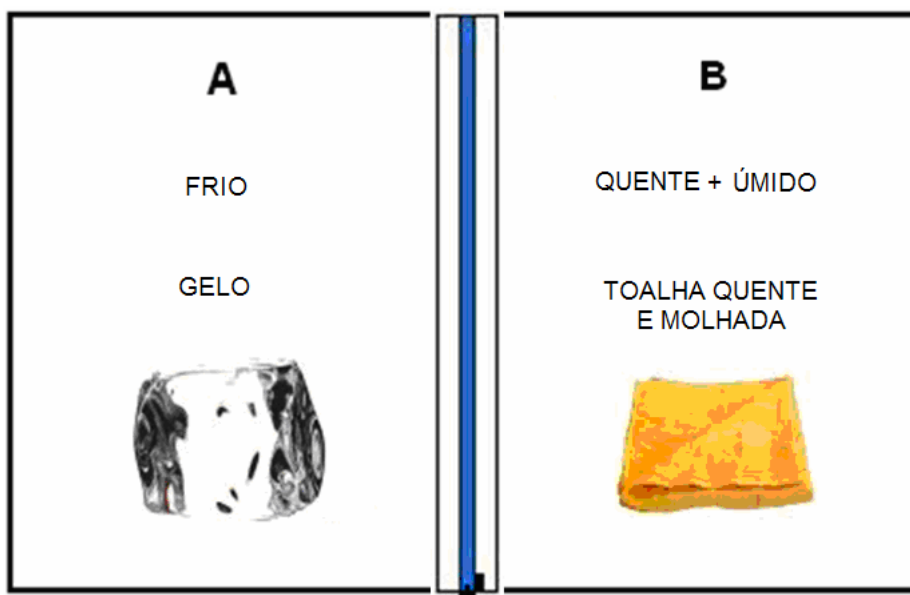
A resposta do projeto pode ser mais rápida, ou seja, desembaçar o vidro com menos tempo. Tudo dependerá da corrente que o circuito permitir passar para o fio resistor. Porém essa hipótese deve ser deixada de lado, uma vez que o super-aquecimento do circuito pode gerar danos ao mesmo, além de forçar mais a bateria do carro. O protótipo pode ter seu tempo de resposta comparado com o do desembaçador traseiro associado à segurança da temperatura do circuito, ou seja, seus componentes não devem ser danificados. A figura a seguir mostra como ficou o pára-brisa juntamente com o fio resistivo.



**Figura 4.10** Fio resistivo do protótipo do pára-brisa

#### 4.3.2 DESENVOLVIMENTO DO SIMULADOR DE AMBIENTES

Para desenvolver o simulador de ambientes foi necessário recriar o fenômeno que ocorre no interior do veículo em dias frios. O simulador é composto por dois aquários deitados, com a abertura de um voltada para a abertura do outro e no meio o protótipo pára-brisa (**Figura 4.11**).



**Figura 4.11** Simulador de ambientes

Como pode ser observado, o aquário (A) é responsável por simular o lado externo do carro, um lado frio, que recebe o sereno da noite, a friagem em um estacionamento aberto. Já o lado (B) simula o interior de um carro, que é quente e úmido. Quente porque o corpo humano de um adulto emite aproximadamente o calor equivalente a uma lâmpada incandescente de 100W, e úmido pois exalamos umidade na respiração.

No lado (A) é colocado gelo, a fim de esfriar o ambiente. Após alguns minutos todo o ambiente terá adquirido uma temperatura baixa, inclusive o pára-brisa. Quando o pára-brisa encontrar-se frio, tem-se a primeira parte da simulação de ambiente realizada, que é justamente o efeito do carro estacionado a noite em lugar frio e aberto.

Até então o vidro do carro ainda não está embaçado internamente, uma vez que não existe fonte de calor nem umidade dentro do carro, o sistema está em equilíbrio, podendo estar embaçado pelo lado externo devido ao orvalho depositado ao longo da noite. O fenômeno que faz com que o vidro embaçe internamente ocorre quando se entra no carro, ao emitir-se ar quente e saturado, quanto à umidade. Essas partículas sofrem condensação na face interna do pára-brisa, a qual se encontra fria. É nesse momento que ocorre o embaçamento do pára-brisa pelo lado interno.

Logo a segunda parte da simulação de ambientes fica responsável em recriar um ambiente quente e úmido. Para isso é colocado do lado (B) uma toalha molhada com água quente.

Com os dois ambientes simulados o protótipo do pára-brisa consegue ser embaçado e a partir de então o circuito fica responsável por desembaçá-lo, através da monitoração de umidade pelo sensor fixado pelo lado interno do pára-brisa.

## CAPÍTULO 5. AVALIAÇÕES DE DESEMPENHO

Este capítulo avalia o desempenho do projeto. Primeiramente é avaliado o desempenho de cada parte do protótipo e por último o desempenho do protótipo como um todo. Na **seção 5.1** é feita a avaliação do desempenho que diz respeito apenas ao pára-brisa, analisando cada material nele empregado e os resultados por eles apresentados. Na **seção 5.2** é avaliado o desempenho do simulador de ambientes do lado externo e do lado interno ao veículo respectivamente. Na **seção 5.3** o circuito é avaliado desde seu começo até o seu final, ou seja, desde o sensor de umidade até a resistência onde é feito o aquecimento da água. Por último, na **seção 5.4**, o desempenho do protótipo como um todo após unidas todas as partes.

### 5.1 DESEMPENHO DO PÁRA-BRISA

O desempenho do pára-brisa pode ser feito avaliando cada parte que o compõe. Essas partes são basicamente três: Os vidros, o fio resistivo e a água interna aos vidros.

Quanto ao vidro consiste de: duas lâminas de vidro de 2mm separados entre si por um filete de vidro, também de 2mm. Esse filete acompanha todo o contorno do pára-brisa, dando um incremento de 2,9mm na sua espessura total do conjunto, devido ao silicone utilizado para unir um vidro no outro. O valor total da espessura do protótipo do pára-brisa é de aproximadamente 7mm, que fica bem próximo do valor de um pára-brisa real.

O fio resistivo, como dito no **capítulo 4**, foi retirado de uma resistência de um chuveiro. Sua resistência varia linearmente de acordo com seu comprimento.

O tamanho utilizado no protótipo é de 32cm e sua resistência é de  $1,3\Omega$ . O fio, composto por uma liga metálica de ferro e cobre, apresentou ótimos resultados quanto ao seu aquecimento, porém foi verificado que, a longo prazo, em constante contato com a água, ele tende a oxidar. O fio de resistência que ficou dentro do pára-brisa por aproximadamente um mês teve sua resistência alterada de  $1,3\Omega$  para  $1,5\Omega$ . Isso faz com que o fio perca gradativamente suas propriedades condutivas, ou seja, sua resistência tende a aumentar com o tempo, dessa forma menos corrente passará por ele e o efeito do aquecimento será mais lento.

Quanto ao líquido, foram estudados vários, porém o que melhor se comportou foi a água. Ela foi capaz de ser aquecida sem perder suas propriedades ou sofrer qualquer tipo de reação. O alto índice de convecção térmica associado à transparência fez da água o líquido a ser utilizado no projeto. O único problema da água é que causa oxidação no fio resistivo a longo prazo. Também não pode ser utilizada em nível industrial em veículos que circulam em países frios, onde a temperatura pode atingir valores abaixo de  $0^{\circ}\text{C}$ , um vez que a mesma congelaria e, além de se tornar opaca, poderia causar danos ao pára-brisa devido à sua expansão térmica.

## **5.2 DESEMPENHO DO SIMULADOR DE AMBIENTES**

Como dito ao longo da monografia, o simulador de ambientes é formado por dois aquários de vidro que tem por objetivo recriar o cenário interno e externo ao veículo para embaçar o pára-brisa.

No aquário responsável em simular o lado externo ao veículo foram colocadas pedras de gelo. Foi observado que para o pára-brisa do protótipo ficar

tão frio quanto um pára-brisa de carro, que está sujeito por longo período ao sereno e ao orvalho da noite, ele teria que ficar exposto ao gelo por vários minutos ou até horas para adquirir a mesma temperatura do ambiente. Como o propósito do protótipo é voltado à apresentação e o tempo é restrito, o simulador tenta atingir sua melhor performance colocando bastante gelo no aquário, o mais próximo possível do pára-brisa, e, isolando ao máximo o ambiente. Também vale lembrar a influência causada pelo meio externo. Uma vez que sua temperatura é superior àquela dentro do aquário, ele vai funcionar como um dificultador para a simulação.

Quanto ao aquário responsável em simular o lado interno ao veículo foi colocada uma toalha molhada por água quente. Através de experimentos verificou-se que a quantidade ideal de água a ser colocada na toalha, juntamente com a sua temperatura, seria de 200ml a 70°C respectivamente. Esses valores seriam os apropriados para gerar um nível de embaçamento mais próximo possível da realidade, levando em conta o fator de umidade relativa do ambiente e o tempo decorrido para embaçar o vidro. O ar quente e úmido é o principal elemento causador do embaçamento, bastando o vidro estar numa temperatura abaixo da sua, o que se torna fácil ao esquentar a água que é depositada na toalha.

Dessa forma, pôde-se simular e recriar os dois ambientes em questão. O vidro torna-se embaçado, pronto para que o mecanismo de desembaçamento proposto no projeto possa atuar.



### **5.3 DESEMPENHO DO CIRCUITO**

O sensor adotado pelo projeto reúne características que facilitaram sua utilização. Sua arquitetura simples e sua resposta linear ajudou na implementação do circuito. Sua resposta é dada em volts que podem variar entre 0 e 1, sendo que cada valor de tensão variando de 10 em 10mV corresponde a um determinado valor de umidade, que pode variar de 0 a 100% RH. Essa tensão é comparada com a tensão de embaçamento, e caso seja maior ou igual à essa última, o circuito é acionado, caso contrário o mesmo permanece desligado. Como a tensão do sensor é amplificada por um fator de 10, a comparação do circuito se torna de alta precisão, o que garante o bom desempenho do mesmo.

Outro ponto interessante do circuito é que a umidade relativa não fica oscilando pelo ponto de acionamento do circuito. Isso acontece porque o circuito ao ser acionado pela primeira vez esquenta a água interna ao pára-brisa. O circuito é desligado assim que a água desembaça o vidro, porém a mesma ainda permanecerá aquecida por alguns minutos, não permitindo que o vidro volte a embaçar. Só depois que a água voltar a baixar a sua temperatura o circuito estará suscetível a ser reacionado. Isso faz com que o circuito não fique ligando e desligando continuamente, e sim com tempos bem espaçados, o que diminui o desgaste do mesmo e aumenta a sua vida útil.

### **5.4 DESEMPENHO DO PROTÓTIPO**

O protótipo teve suas etapas desenvolvidas e testadas separadamente até atingirem suas metas. Após constatado que cada uma delas funcionava conforme

desejado, todas elas foram interligadas e, trabalhando em conjunto, formaram o protótipo do projeto.

O pára-brisa foi projetado para aquecer sempre que o sensor acusar que a umidade passou do ponto de embaçamento, ou seja, 50% de umidade relativa (RH) conforme previsto nos testes em laboratório. Na realidade o ponto em que o pára-brisa realmente embaça é de 55% RH, porém uma tolerância de 5% é dada para que o aquecedor possa atuar antes mesmo que o vidro comece a embaçar. Dessa forma, em alguns casos em que o carro já está ligado, e, dependendo da velocidade de embaçamento, o vidro “será desembaçado” sem antes mesmo ter sido embaçado, funcionando também como um mecanismo anti-embaçador.

Após o acionamento do aquecedor, o pára-brisa é desembaçado gradativamente ao longo do tempo conforme a seguir:

**Em 2 minutos:** Dá-se início ao desembaçamento, cerca de 25% do pára-brisa já encontra-se desembaçado. O pára-brisa começa desembaçar de baixo para cima, porém essa faixa desembaçada é pouco utilizada pelo motorista.

**Em 3 minutos:** Cerca de 50% do pára-brisa já encontra-se desembaçado, cobrindo parte da faixa utilizada para visibilidade do motorista.

**Em 4 minutos:** O pára-brisa já está quase todo desembaçado, cerca de 75% do total de sua superfície, sendo que praticamente toda faixa utilizada pela visibilidade do motorista já está desembaçada.

**Em 5 minutos:** O pára-brisa encontra-se totalmente desembaçado. Apartir daí sua tendência é não embaçar mais, já que o aquecedor será ligado toda vez que a umidade atingir 50% RH, e o tempo necessário para aquecer a água será menor uma vez que a mesma encontra-se já morna.

Vale lembrar que os resultados aqui obtidos em função do tempo podem ser equiparados, em nível de protótipo e materiais utilizados, com os mesmos

atingidos pelo desembaçador traseiro já existente, porém com a grande vantagem de ser transparente.

## CAPÍTULO 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo são feitas as considerações finais acerca do projeto. Ele trata aspectos de como esse projeto pode beneficiar a sociedade em termos de indústria, consumidor, segurança e conforto. Trata também da viabilidade técnica e financeira de desenvolver-se este projeto em nível industrial. Também expõe deficiências do projeto, o que pode ser melhorado e sugestões para outros projetos relacionados a este.

A seguir cada um desses aspectos será apresentado detalhadamente. Na **seção 6.1** são apresentadas as conclusões do projeto como um todo. Na **seção 6.2** são apresentadas as dificuldades encontradas ao longo de todas as etapas do projeto. Por último a **seção 6.3**, onde são apresentadas algumas sugestões de aperfeiçoamento desse projeto e que podem servir como tema para projetos futuros.

### 6.1 CONCLUSÕES

Neste projeto foi proposto o desenvolvimento de um mecanismo capaz de desembrasar o pára-brisa automotivo sem comprometer a visibilidade do motorista através do aquecimento de um líquido interno à duas laminas de vidro. O desenvolvimento do protótipo e seu funcionamento conforme desejado foram possíveis graças à aplicação de conhecimentos das mais diversas cadeiras estudadas ao longo do curso. Este projeto além de sua funcionalidade e aplicação prática no dia-a-dia, serviu como um instrumento de aplicação da teoria e da prática aprendidas ao longo desses cinco anos de curso de Engenharia da Computação.

O projeto atingiu suas principais metas que eram oferecer um maior nível de segurança ao motorista e seus passageiros em dias frios e chuvosos além de poder oferecer mais conforto sem que seja necessária nenhuma ação humana. Foi possível desenvolver um mecanismo cujo um único objetivo é de desembaçar o vidro, e que pode ter sua eficiência comparada ao método de desembaçamento do vidro traseiro do automóvel, em termos de resposta ao longo do tempo. Nas piores condições o pára-brisa leva 5 minutos para ser totalmente desembaçado, que é próximo do tempo levado para desembaçar o vidro traseiro através dos filamentos resistivos que o atravessam. Isso tudo com a vantagem de ser transparente.

O material empregado no circuito é simples e barato, tirando o sensor, que é a parte mais cara, cerca de trinta dólares a unidade. Porém para uma produção em larga escala, uma empresa pode adquirir os sensores em grande quantidade, o que resulta em uma grande queda de preço, ou até mesmo desenvolver os próprios sensores. O restante dos materiais são amplificadores operacionais, resistores e dois transistores, com custo aproximado de dez reais. A fonte de energia é a própria bateria do carro e o vidro passaria por modificações em sua confecção. Baseados nesses valores e nos resultados obtidos o projeto mostra-se viável atendendo a todos os requisitos propostos.

O projeto, se desenvolvido em nível industrial, pode vir a ter aceitação comercial, uma vez que o número de veículos aumenta a cada dia e os opcionais dos automóveis passam a ser um diferencial nos investimentos dessa área. Para os consumidores, é uma opção de segurança e conforto a mais na escolha de seu carro.

## 6.2 DIFICULDADES ENCONTRADAS

Para o desenvolvimento deste projeto foi necessário amplo conhecimento extra acadêmico, conhecimento este adquirido através de entrevistas com engenheiros, eletricitas, profissionais do ramo de desenvolvimento e conserto de equipamentos eletrônicos e fabricantes de pára-brisa, além de visita técnica. Aliado a isso foi necessário previamente dois anos de estudo e pesquisa a cerca do assunto para reunir dados necessários para o início do projeto. As fontes bibliográficas não são vastas, uma vez que o projeto é inédito e não existe ainda nenhuma tecnologia semelhante no mercado como referência.

Em relação ao pára-brisa, foi encontrada uma dificuldade quanto a película de polivinil butiral já existente entre o vidro, porém esse problema pôde ser facilmente resolvido ao se inserir a película entre cada uma das duas lâminas de vidro propostas no projeto como visto no **capítulo 4**. Ainda no pára-brisa, o fato de se ter duas camadas de vidro com metade da espessura de uma única camada pode implicar em um pára-brisa mais vulnerável a choques, tendo que haver uma compensação na rigidez do mesmo no momento de sua confecção, o que pode acarretar um aumento de custo.

Quanto ao líquido interno ao pára-brisa foram estudados várias opções e chegou-se a conclusão de que o melhor deles seria a água. Como dito no **capítulo 4**, a água pôde satisfazer a todos os requisitos do projeto em nível de protótipo, porém, para uma aplicação comercial, deve-se desenvolver um líquido especial, capaz de suportar temperaturas de países frios, sem que altere sua composição e as suas propriedades.

O fio resistivo que passa entre as duas camadas de vidro também apresenta algumas debilidades, uma vez que a longo prazo em contato com a água e o oxigênio dissolvido sofre oxidação, e de acordo com os experimentos

realizados diminui a sua capacidade condutora, ou seja, aumenta sua resistência. Em virtude disso a corrente que passa pelo mesmo diminui e consequentemente o tempo que o pára-brisa levará para desembacar será maior. Da mesma forma que é proposto o desenvolvimento de uma solução líquida ideal, deve ser desenvolvido um metal com as mesmas propriedades que o utilizado no protótipo, porém o mais inoxidável possível.

Mesmo obstante a essas dificuldades o projeto pôde ser desenvolvido utilizando-se de meios que contornassem esses problemas, uma vez que seus fins são acadêmicos. Já para uma aplicação prática deve-se desenvolver materiais que minimizem esses problemas a longo prazo.

### **6.3 SUGESTÕES PARA PROJETOS FUTUROS**

A sugestão que é dada para projetos futuros é justamente de desenvolver o líquido e o resistor ideais internos adequados ao pára-brisa. Acaba sendo uma proposta mais voltada para um engenheiro químico do que para um engenheiro da computação, pois se torna um conhecimento muito específico. O desenvolvimento do líquido e da resistência podem inclusive ser feitos de forma paralela, criando um líquido que seja o menos corrosivo possível.

Outra sugestão seria desenvolver um mecanismo de acionamento do aquecedor à distância, como uma forma de agilizar o processo. Poderia ser implementado em um dispositivo móvel como o celular ou até mesmo o próprio controle de alarme do carro, dependendo das dimensões do circuito. O alcance do controle pode ser calculado com base na velocidade média de uma pessoa andando e o tempo que a água leva para desembacar o vidro.

Também é sugerido o estudo na aplicação da idéia em outros meios de transporte, como aéreos e aquáticos. O desenvolvimento do mecanismo em submarinos também deve ser muito interessante, uma vez que os ambientes são bem parecidos com o do protótipo, um lado externo frio e outro lado interno quente.



## BIBLIOGRAFIA

- [1] BOYLESTAD, Robert L; NASHELSKY, Louis. **Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1999.
- [2] HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Física Volume 2**. Rio de Janeiro: LTC, 1984.
- [3] LALOND, David E.; ROSS, John A. **Princípios de dispositivos eletrônicos: Volume 1**. São Paulo: Makron Books, 1994.
- [4] LALOND, David E.; ROSS, John A. **Princípios de dispositivos eletrônicos: Volume 2**. São Paulo: Makron Books, 1995.
- [5] MALVINO, Albert Paul. **Eletrônica: Volume 1**. 4. ed. São Paulo: Makron Books, 1995.
- [6] MARKUS, Ótávio. **Circuitos Elétricos: Corrente Contínua e Corrente Alternada**. 2. ed. São Paulo: Editora Érica Ltda, 2002.
- [7] NUSSENZVEIG, Herch Moyses. **Curso de Física Básica: Fluidos, Oscilações e ondas, calor. Volume 2**. São Paulo: Edgard Blucher, 1983.
- [8] SEDRA, Adel S.; SMITH, Kenneth C. **Microeletrônica: Volume 1**. São Paulo: Makron Books, 1995.
- [9] TIPLER. **Eletricidade e Magnetismo, Ótica: Volume 2**. Rio de Janeiro: LTC, 2000.
- [10] YOUNG, Hugh D; FREEDMAN, Roger A. **Física II: Termodinâmica e ondas**. 10. ed. São Paulo: Addison Wesley, 2003.
- [11] Circuit Maker Student Version **[Home Page]**. 2007. Disponível em: < [http://my.ece.ucsb.edu/bobsclass/2C/Simulation/circuit\\_maker.htm](http://my.ece.ucsb.edu/bobsclass/2C/Simulation/circuit_maker.htm) >. Acesso em: 16 mai. 2007.
- [12] Comvidro **[Home Page]**. 2007. Disponível em: < <http://www.comvidro.com.br> >. Acesso em: 02 fev. 2007.

[13] Digi-Key **[Home Page]**. 2007. Disponível em: < <http://www.digikey.com/> >.

Acesso em: 15 abr. 2007.

[14] IPEA **[Home Page]**. 2007. Disponível em: < [http://www.ipea.gov.br/003/00301009.sp?ttCD\\_CHAVE=1690](http://www.ipea.gov.br/003/00301009.sp?ttCD_CHAVE=1690) >. Acesso em: 23 abr. 2007.

[15] Techcar **[Home Page]**. 2007. Disponível em: < <http://www.techcar.com.br> >.

Acesso em: 19 mar. 2007.

[16] Virtual Química **[Home Page]**. 2007. Disponível em: < <http://www.ceee.com.br/pportal/ceee/Component/Controller> > Acesso em: 25 mar. 2007.

## APÊNDICES

# EXPERIÊNCIA 1

**Objetivo:** Testar se o mercúrio sob alta pressão torna-se transparente.

**Materiais utilizados:** 2 vidros de 10x20x0,2 cm, uma gota de mercúrio, luvas.

**Procedimento:** Colocar a gota de mercúrio sobre um dos vidros e colocar o outro vidro em cima pressionando gradativamente.

**Resultados:** O mercúrio se expande a medida que é pressionado tornando-se uma película não transparente e refletora idêntico a um espelho (**Foto E-1.1**).

**Conclusão:** O mercúrio não é capaz de tornar-se transparente sob pressão.



**Foto E-1.1** Mercúrio sob pressão

## EXPERIÊNCIA 2

**Objetivo:** Testar o efeito do calor de um líquido sobre uma superfície embaçada e condensada.

**Equipamentos e materiais utilizados:** 1 copo de vidro, água, termômetro digital, freezer e forno microondas.

**Procedimento:**

- 1 - Colocar um copo de vidro no freezer até que o mesmo atinja uma temperatura de 5°C.
- 2 - Esquentar 1 copo d'água no microondas até que o mesmo atinja uma temperatura de 50°C.
- 3 - Colocar uma caneta atrás do copo para efeito de visibilidade através do mesmo.
- 4 - Despejar a água quente no copo frio e condensado.

**Resultados:** Em menos de 5 segundos, o vidro que estava em contato com a água quente, já se encontrava totalmente desembaçado. Na parte que desembaçou a caneta pôde ser facilmente vista, enquanto a parte que permaneceu embaçada a caneta mal pôde ser vista.

**Conclusão:** A parte do vidro que estava em contato com a água quente descondensou rapidamente ao passo que a parte de vidro que não estava em contato continuou embaçada.



**Foto E-2.1** Copo antes



**Foto E-2.2** Copo depois

## EXPERIÊNCIA 3

**Objetivo:** Testar se o Carbogel serve como um bom meio eletrolítico a fim de se gerar uma corrente capaz de aquecer o gel, testar sua condutibilidade térmica, sua variação de temperatura num dado tempo e correntes de convecção.

**Equipamentos e materiais utilizados:** Gerador de corrente contínua Pasco Scientific (Model SF-9582), Amperímetro BK Tool Kit 2706A, Becker de 80ml, cronômetro digital e 80ml Carbogel .

### **Procedimento:**

- 1 – Colocar o polo positivo e o polo negativo que estão ligados ao amperímetro e ao gerador de corrente contínua, nas extremidades opostas do becker.
- 2 - Ligar o gerador de corrente contínua e aumentar gradativamente sua tensão até que a corrente marcada no amperímetro seja próxima de 6A.
- 3 - Marcar 2 minutos no cronômetro e observar os resultados.

**Resultados:** Inicialmente o Carbogel estava a 26,1°C. Foi colocada uma tensão de 12 volts e marcado no amperímetro uma corrente de 0,00A. Em 2 minutos a temperatura entre os dois polos atingiu 26,6°C. A temperatura na superfície manteve-se inalterada. A corrente final medida pelo amperímetro foi de 0,01A.

### **Conclusão:**

O Carbogel, gel utilizado por médicos em eletrocardiogramas e ultrasons, não apresentou um comportamento eficiente para o projeto. Em 2 minutos sua temperatura aumentou insignificamente no seu ponto mais crítico, apenas 0,5°C,

e nos outros pontos manteve-se inalterada, mostrando uma baixíssima condutibilidade térmica. A corrente máxima atingida pelo sistema, 0,01A, foi muito inferior à 6A necessitado pelo sistema ideal.

Péssima solução para o objetivo e, sendo aplicada dessa maneira, descartada para o projeto.

Quanto às correntes de convecção também foram praticamente inexistentes, dado que a temperatura nas camadas acima manteve a mesma.

**Observação:** O Carbogel foi uma opção diferente de tentar atingir as metas do projeto. Ao invés de usar uma resistência para aquecer um líquido, fez-se a tentativa de criar um meio eletrolítico aplicando DDP's nas extremidades da solução.



## EXPERIÊNCIA 4

**Objetivo:** Testar a condutibilidade térmica da Carbogel, sua variação de temperatura num dado tempo e correntes de convecção.

**Equipamentos e materiais utilizados:** Gerador de corrente contínua Pasco Scientific (Model SF-9582), Amperímetro BK Tool Kit 2706<sup>a</sup>, 2 resistores de  $0,47\ \Omega$ , Becker de 80ml, cronômetro digital e 80ml Carbogel.

### **Procedimento:**

- 1 – Ligar os 2 resistores em série e prender nos jacarés, que estão ligados ao amperímetro e ao gerador de corrente contínua.
- 2 - Colocar os 2 resistores de  $0,47\ \Omega$  dentro do becker contendo 80ml de Carbogel.
- 3 - Ligar o gerador de corrente contínua e aumentar gradativamente sua tensão até que a corrente marcada no amperímetro seja próxima de 6A.
- 4 - Marcar 2 minutos no cronômetro e observar os resultados.

**Resultados:** Inicialmente o Carbogel estava a  $26,1^{\circ}\text{C}$ . Foi-se aumentando a tensão gradativamente até atingir 6V, momento em que os resistores não suportaram e queimaram (**Foto E-4.1**). Nesse instante o amperímetro marcava uma corrente de 5,22A. A parte superior da solução obteve uma temperatura de  $28,7^{\circ}\text{C}$  enquanto as laterais praticamente mantiveram suas temperaturas. O experimento durou apenas 30 segundos e pôde ser observado que uma das causas dos resistores terem queimado foi o fato de que ao esquentar, criavam-se bolhas de ar em sua volta, eliminando de sua superfície de contato o gel que o resfriava (**Foto E-4.1**).

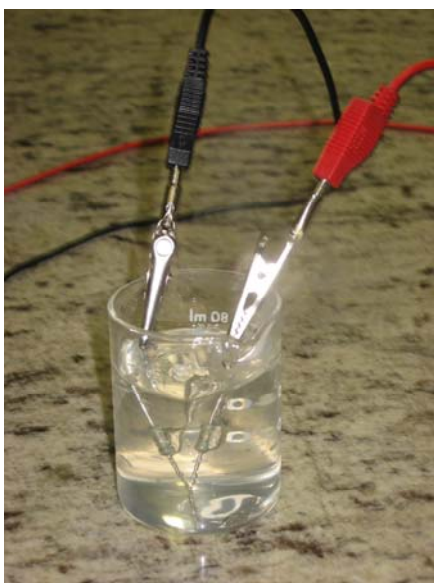
**Conclusão:**

Pôde-se observar que o Carbogel ao aumentar sua temperatura sofreu uma reação que o levou a gerar bolhas de ar.

Sua temperatura aumentou muito pouco, significando que a solução não é um bom condutor térmico e nem favorece correntes de convecção.

Utilizando o Carbogel dessa forma, pode-se excluir o mesmo para fins do projeto.

**Observação:** Foi escolhido para o experimento duas resistências de  $0,47\Omega$  e 80ml de Carbogel a fim de manter a proporção do protótipo, cujos valores são de aproximadamente  $2\Omega$  e 170ml respectivamente.



**Foto E-4.1** Bolhas e resistores queimados

## EXPERIÊNCIA 5

**Objetivo:** Testar a condutibilidade térmica do Óleo mineral, sua variação de temperatura num dado tempo e correntes de convecção.

**Equipamentos utilizados:** Gerador de corrente contínua Pasco Scientific (Model SF-9582), Amperímetro BK Tool Kit 2706A, 2 resistores de  $0,47\ \Omega$ , Becker de 80ml, cronômetro digital e 80ml Óleo mineral.

**Procedimento:**

- 1 - Ligar os 2 resistores em série e prender nos jacarés, que estão ligados ao amperímetro e ao gerador de corrente contínua.
- 2 - Colocar os 2 resistores de 0,47 ohms dentro do becker contendo 80ml de Óleo mineral.
- 3 - Ligar o gerador de corrente contínua e aumentar gradativamente sua tensão até que a corrente marcada no amperímetro seja próxima de 6A.
- 4 - Marcar 2 minutos no cronômetro e observar os resultados.

**Resultados:** Inicialmente o Óleo estava a  $24,5^{\circ}\text{C}$ . Foi colocada uma tensão de 12 volts e marcado no amperímetro uma corrente de 6,11A. Em 2 minutos a temperatura na superfície atingiu  $71,9^{\circ}\text{C}$  e no fundo do becker  $26,3^{\circ}\text{C}$ . Pôde-se observar que o Óleo mineral sofreu uma reação, onde pequenas bolhas se formavam no fundo do becker e subiam, como o fenômeno que ocorre no interior de um copo com refrigerante. Dois minutos após o sistema ter sido desligado, foi constatado que a temperatura na superfície e no fundo do becker era de  $56^{\circ}\text{C}$  e  $50,0^{\circ}\text{C}$  respectivamente.

**Conclusão:**

O Óleo mineral mostrou ter boas correntes de convecção atingindo grandes diferenças de temperatura na parte superior e inferior do becker. Também foi possível observar que o Óleo mineral possui uma boa condução térmica, devido a alta mudança de temperatura em 2 minutos.

Seria um ótimo líquido para o objetivo caso não formassem as pequenas bolhas, o que inviabilizou o uso do mesmo para o projeto.

Também mostrou que rapidamente, 2 minutos após desligado o sistema, pôde praticamente homogenizar a temperatura ao longo do becker, atingindo na superfície do líquido  $56,5^{\circ}\text{C}$  e  $50,0^{\circ}\text{C}$  no inferior.

**Observação:** Foi escolhido para o experimento duas resistências de  $0,47\Omega$  e 80ml de Carbogel a fim de manter a proporção do protótipo, cujos valores são de aproximadamente  $2\Omega$  e 170ml respectivamente.

## EXPERIÊNCIA 6

**Objetivo:** Testar se o Phosfo Enema serve como um bom meio eletrolítico, testar sua condutibilidade térmica, sua variação de temperatura num dado tempo e correntes de convecção.

**Equipamentos utilizados:** Gerador de corrente contínua Pasco Scientific (Model SF-9582), Amperímetro BK Tool Kit 2706A, Becker de 80ml, cronômetro digital e 80ml Phosfo Enema.

### **Procedimento:**

- 1 – Colocar o polo positivo e o polo negativo que estão ligados ao amperímetro e ao gerador de corrente contínua, nas extremidades opostas do becker.
- 2 - Ligar o gerador de corrente contínua e aumentar gradativamente sua tensão até que a corrente marcada no amperímetro seja próxima de 6A.
- 3 - Marcar 2 minutos no cronômetro e observar os resultados.

**Resultados:** Inicialmente o Phosfo Enema estava a 25,6°C. Foi colocada uma tensão de 12 volts e em 2 minutos foi marcado pelo amperímetro uma corrente de 0,74A e a temperatura entre os dois polos atingiu 27,2°C. A temperatura na superfície foi irrelevantemente alterada. Com poucos segundos de experimento a solução começou a borbulhar e agravou-se com o tempo, a ponto de atrapalhar a visibilidade através do becker (**Foto E-6.1**).

### **Conclusão:**

O Phosfo Enema, apesar de ser uma solução eletrolítica composta de sais minerais, não apresentou os resultados almejados. Ao longo do processo sofreu

decomposição alterando sua composição, gerou bolhas e atrapalhou a visibilidade através do líquido.

Além disso, sua temperatura variou muito pouco, indicando que a solução possui uma péssima condutibilidade térmica. Suas correntes de convecção também foram muito baixas, sendo desprezíveis.

O Phosfo Enema obteve resultados semelhantes ao do Carbogel, portanto, assim como este, será descartado para o projeto.

**Observação:** O Phosfo Enema, composto de fosfato de sódio monobásico e fosfato de sódio dibásico, foi mais uma tentativa de alcançar os objetivos através de uma solução eletrolítica. Ao invés de se usar uma resistência para esquentar um líquido, fez-se a tentativa de criar um meio eletrolítico aplicando DDP's nas extremidades da solução.



**Foto E-6.1** Phosfo Enema borbulhando

## EXPERIÊNCIA 7

**Objetivo:** Testar a condutibilidade térmica da água e correntes de convecção na mesma, juntamente com a sua variação de temperatura num dado tempo.

**Equipamentos utilizados:** Gerador de corrente contínua Pasco Scientific (Model SF-9582), Amperímetro BK Tool Kit 2706A, 2 resistores de  $0,47\ \Omega$ , Becker de 80ml, cronômetro digital e 80ml de água.

### Procedimento:

- 1 – Ligar os 2 resistores em série e prender nos jacarés, que estão ligados ao amperímetro e ao gerador de corrente contínua.
- 2 - Colocar os 2 resistores de  $0,47\ \Omega$  dentro do becker contendo 80ml de água.
- 3 - Ligar o gerador de corrente contínua e aumentar gradativamente sua tensão até que a corrente marcada no amperímetro seja próxima de 6A.
- 4 - Marcar 2 minutos no cronômetro e observar os resultados.

**Resultados:** Inicialmente a água estava a  $24,5^{\circ}\text{C}$ . Foi colocada uma tensão de 12 volts e marcado no amperímetro uma corrente de 5,95A. Em 2 minutos a temperatura na superfície atingiu  $57,0^{\circ}\text{C}$  e no fundo do becker  $26,5^{\circ}\text{C}$ .

### Conclusão:

Apesar da água possuir uma baixa condutibilidade térmica, sua corrente de convecção é grande. O fato da água ser um líquido pouco viscoso permitiu grandes diferenças de temperatura medida na parte superior e inferior do becker.

Ótimo líquido para o objetivo, porém seu ponto de solidificação a  $0^{\circ}\text{C}$  inviabiliza o uso do pára-brisa em países frios que atingem baixas temperaturas,

uma vez que a água congelaria, expandir-se-ia dentro do vidro e torna-lo-ia opaco.

**Observação:** Foi escolhido para o experimento duas resistências de  $0,47\Omega$  e 80ml de água a fim de manter a proporção do protótipo, cujos valores são de aproximadamente 2 ohms e 170ml respectivamente.



## FOTO DO PROTÓTIPO



Foto do protótipo